

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-136651

(43)Date of publication of application : 31.05.1996

(51)Int.Cl. G01S 15/32
G01B 17/00
G01S 15/08

(21)Application number : 06-304266

(71)Applicant : SUZUKI MOTOR CORP

(22)Date of filing : 14.11.1994

(72)Inventor : MURAMATSU KATSUHISA

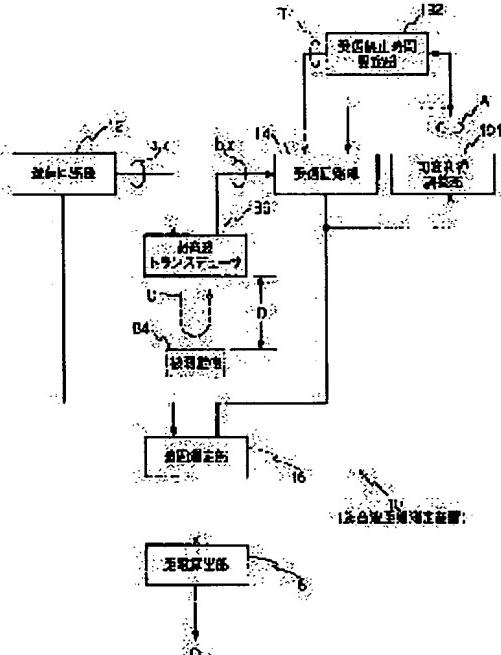
(54) ULTRASONIC DISTANCE MEASURING INSTRUMENT

(57)Abstract:

PURPOSE: To measure the distance to an object without receiving any influence of the amplitude of received signals by outputting transmitting signals containing a phase modulating point after converting the signals into ultrasonic waves, by finding the distance based on the time from the transmission of the transmitting signals to the reception of the phase modulating point of the received signals composed of reflected waves, and then, by changing the amplification degree of a reception circuit in accordance with the amplitude of the received signals.

CONSTITUTION: A transmitting circuit section 12 outputs transmitting signals (a) containing a phase modulating point (x) and an ultrasonic transducer 86 converts the signals (a) into ultrasonic waves U. The waves U are reflected by an object 84 to be measured and return to the transducer 86 and the transducer 86 converts the waves U into received signals (b) and supplies the signals (b) to a reception circuit section 14.

A time measuring section 16 measures the time (t) from the outputting timing of the signals (a) from the section 12 to the inputting timing of the point (x) of the signals (b) to the section 14. A distance calculating section 18 finds the distance D between the transducer 86 and the object D from $D=(t \times v)/2$ (where, v is the acoustic velocity). A variable gain adjusting section 191 adjusts the amplification degree A of the section 14 in accordance with the amplitude of the signals (b). Therefore, the influence of the magnitude of the amplitude of the signal (b) can be eliminated.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

BEST AVAILABLE COPY

- [Date of final disposal for application]
- [Patent number]
- [Date of registration]
- [Number of appeal against examiner's decision of rejection]
- [Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
- [Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-136651

(43)公開日 平成8年(1996)5月31日

(51)Int.Cl.⁶
G 0 1 S 15/32
G 0 1 B 17/00
G 0 1 S 15/08

識別記号 庁内整理番号
Z 8907-2F
8907-2F

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数2 FD (全11頁)

(21)出願番号 特願平6-304266

(22)出願日 平成6年(1994)11月14日

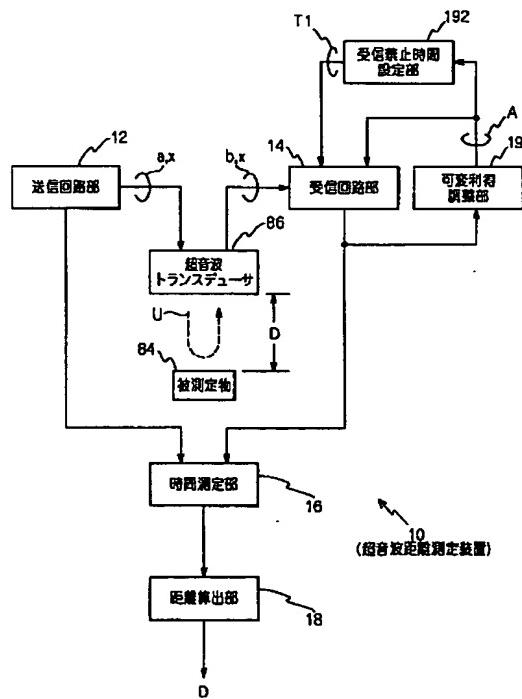
(71)出願人 000002082
スズキ株式会社
静岡県浜松市高塚町300番地
(72)発明者 村松 克久
神奈川県横浜市都筑区桜並木2番1号 ス
ズキ株式会社技術研究所内
(74)代理人 弁理士 高橋 勇

(54)【発明の名称】超音波距離測定装置

(57)【要約】

【目的】測定精度を向上させる。

【構成】超音波距離測定装置10は、位相変調点xを含む電気的な送信信号aを出力する送信回路部12と、送信信号aを超音波Uに変換と共に超音波Uの被測定物84からの反射波を電気的な受信信号bに変換する超音波トランスデューサ86と、受信信号bを入力する受信回路部14と、送信信号aが送出された時から受信信号bの位相変調点xが入力された時までの時間tを測定する時間測定部16と、時間tに基づき超音波トランスデューサ86と被測定物84との間の距離Dを算出する距離算出部18と、受信信号bの振幅に応じて受信回路部14の増幅度Aを調整する可変利得調整部191とを備えている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 位相変調点を含む電気的な送信信号を出力する送信回路部と、この送信回路部から出力された前記送信信号を超音波に変換すると共にこの超音波の被測定物からの反射波を電気的な受信信号に変換する超音波トランスデューサと、この超音波トランスデューサで変換された前記受信信号を入力する受信回路部と、前記送信回路部から前記送信信号が输出された時から前記受信回路部で前記受信信号の位相変調点が入力された時までの時間を測定する時間測定部と、この時間測定部で測定された前記時間に基づき前記超音波トランスデューサと前記被測定物との間の距離を算出する距離算出部と、前記受信回路部で入力される前記受信信号の振幅に応じて前記受信回路部の増幅度を調整する可変利得調整部とを備えた超音波距離測定装置。

【請求項2】 前記受信回路部の増幅度が高い場合に前記受信回路部の受信禁止時間を長く設定するとともに当該増幅度が低い場合に当該受信禁止時間を短く設定する受信禁止時間設定部を付設した請求項1記載の超音波距離測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、超音波によって被測定物までの距離を測定するための超音波距離測定装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 図9は従来の超音波距離測定装置を示すブロック図である。以下、この図面に基づき説明する。

【0003】 従来の超音波距離測定装置80は、電気的な送信信号a1(バースト波)を出力する送信信号発生回路82と、送信信号発生回路82から出力された送信信号a1を超音波U1に変換すると共に超音波U1の被測定物84からの反射波を電気的な受信信号b1に変換する超音波トランスデューサ86と、超音波トランスデューサ86で変換された受信信号b1を入力する受信信号增幅回路88、検波回路90及びコンパレータ92と、送信信号発生回路82から送信信号a1が出力された時から受信信号增幅回路88等で受信信号b1が入力された時までの時間を測定するタイミング制御回路94及び時間測定回路96と、時間測定回路96等で測定された時間t1に基づき超音波トランスデューサ86と被測定物84との間の距離D1を算出するマイクロコンピュータ98とを備えたものである。このような技術は、例えば特開平2-292608号公報に開示されている。

【0004】 図10及び図11は従来の超音波距離測定装置の動作を示す波形図である。以下、図9乃至図11に基づき説明する。

【0005】 タイミング制御回路94からのタイミング信号TSで送信信号発生回路82から送信信号a1(図10(1))が発生する。送信信号a1で超音波トラン

スデューサ86が駆動され、超音波トランスデューサ86から超音波U1が出力される。超音波U1は、空气中を伝播し、被測定物84で反射して、再び超音波トランスデューサ86に戻ってくる。超音波トランスデューサ86に戻ってきた超音波U1は、受信信号b1(図10(2))として受信信号增幅回路88で増幅された後、検波回路90から包絡線c1(図10(3))として出力される。包絡線c1は、コンパレータ92でコンパレートレベルCLと比較され、コンパレートレベルCLを越える部分が方形波d1(図10(4))として出力される。

【0006】 一方、タイミング制御回路94は、タイミング信号TSを送信信号発生回路82へ出力すると同時に、クロック信号CKを時間測定回路96へ出力し始める。時間測定回路96は、クロック信号CKを積算し続け、方形波d1を入力すると、クロック信号CKの積算に基づく時間t1をマイクロコンピュータ98へ出力する。ここで、時間t1は、超音波U1が超音波トランスデューサ86から被測定物84までを往復する時間である。したがって、超音波トランスデューサ86から被測定物84までの距離D1は、音速をvとすると、 $D1 = (t1 \times v) / 2$ によって求められる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、従来の超音波距離測定装置では次のような問題があった。

【0008】 超音波トランスデューサ86の材質であるセラミックスと空気とは、音響インピーダンスが非常に異なる。そのため、超音波トランスデューサ86は、空気中に効率よく超音波を放射するために、その周波数帯域幅が非常に狭くなっている。例えば、中心周波数400[kHz]で帯域幅±20[kHz]前後である。したがって、振幅一定の送信信号a1(波数5~20程度)で超音波トランスデューサ86を励振しても、被測定物84からの反射波の立上がり時間が遅くなるので、図10(3)に示すような山形の包絡線c1が形成される。

【0009】 一方、被測定物84からの反射波の振幅は、被測定物84の大きさ、材質、形状等によって、その大小にバラツキが生じる。例えば、図11に実線で示す包絡線c11は振幅が大きく、図11に一点鎖線で示す包絡線c12は振幅が小さい。この例の場合、包絡線c12は、包絡線c11に比べて、コンパレートレベルCLに達する時間が△tだけ遅れることになる。この遅れ時間△tは、そのまま方形波d11, d12の立上がり時間の差となる結果、測定誤差となる。

【0010】

【発明の目的】 そこで、この発明の目的は、反射波の振幅のバラツキに起因した誤差を除去することにより、測定精度を向上させた超音波距離測定装置を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明に係る超音波距離測定装置は、上記目的を達成するためになされたものであり、図1に示す基本的構成を有するものである。すなわち、超音波距離測定装置10は、位相変調点xを含む電気的な送信信号aを出力する送信回路部12と、送信回路部12から出力された送信信号aを超音波Uに変換すると共に超音波Uの被測定物84からの反射波を電気的な受信信号bに変換する超音波トランスデューサ86と、超音波トランスデューサ86で変換された受信信号bを入力する受信回路部14と、送信回路部12から送信信号aが出力された時から受信回路部14で受信信号bの位相変調点xが入力された時までの時間tを測定する時間測定部16と、時間測定部16で測定された時間tに基づき超音波トランスデューサ86と被測定物84との間の距離Dを算出する距離算出部18と、受信回路部14で入力される受信信号bの振幅に応じて受信回路部14の増幅度Aを調整する可変利得調整部191とを備えている。

【0012】また、受信回路部14の増幅度Aが高い場合に受信回路部14の受信禁止時間T1を長く設定するとともに、増幅度Aが低い場合に受信禁止時間T1を短く設定する、受信禁止時間設定部192を付設してもよい。

【0013】

【作用】位相変調点xを含む送信信号aは、送信回路部12から出力され、超音波トランスデューサ86で超音波Uに変換される。超音波Uは、被測定物84で反射して再び超音波トランスデューサ86に戻って受信信号bに変換されて、受信回路部14に入力される。位相変調点xは、受信信号bにも当然に含まれると共に、受信信号bの振幅の大小の影響も本質的に受けない。

【0014】時間測定部16では、送信回路部12から送信信号aが出力された時から、受信回路部14で受信信号bの位相変調点xが入力された時までの時間tが測定される。時間tは、超音波Uが超音波トランスデューサ86から被測定物84までを往復する時間であり、受信信号bの振幅の影響を受けない正確な値である。したがって、超音波トランスデューサ86から被測定物84までの距離Dは、音速をvとすると $D = (t \times v) / 2$ として、距離算出部18で正確に求められる。

【0015】可変利得調整部191では、受信信号bの振幅に応じて受信回路部14の増幅度Aを調整する。例えば、受信信号bの振幅が小さければ、その振幅が大きくなるように増幅度Aを高くし、受信信号bの振幅が大きければ、その振幅が小さくなるように増幅度Aを高くする。これによっても、受信信号bの振幅の大小の影響を低減できるが、増幅度Aの調整には限度があるので、前述の位相変調点xの併用が有効である。

【0016】受信禁止時間設定部192では、増幅度Aが高い場合に受信禁止時間T1を長く、増幅度Aが低い

場合に受信禁止時間T1を短く設定する。増幅度Aが高い場合は、受信信号bの振幅が小さい、すなわち、距離Dが長いために反射してくる超音波Uが弱くなっていることを示している。この場合は、超音波トランスデューサ86から被測定物84までの間の介在物による反射波(ノイズ)を受信しやすいので、受信禁止時間T1を長くしてノイズを除去する。逆に、増幅度Aが低い場合は、距離Dが短いことを示している。この場合は、受信信号bを受信し損なうおそれがあるので、受信禁止時間T1を短くする。

【0017】

【実施例】図2は本発明に係る超音波距離測定装置の一実施例を示すブロック図である。この実施例では、図1における各基本的要素が以下のように構成されている。図1及び図2に基づき説明する。ただし、図9と同一部分は同一符号を付して重複説明を省略する。

【0018】送信回路部12は、位相変調点xを含んだ送信信号aを発生する時系列信号発生回路20と、送信信号aを增幅する送信信号增幅回路22とから構成されている。

【0019】受信回路部14は、受信信号bを最初に入力する受信信号增幅回路23と、受信信号bがコンパレートレベルCLを越えている時に検知信号bbを出力するレベルコンパレータ24と、受信信号bが「0」よりも上がる時又は下がる時にゼロクロス信号ZCを出力するゼロクロスコンパレータ28と、三個のアンドゲート291, 292, 293とから構成されている。アンドゲート291の一方の入力端子には、検知信号bbが入力される。アンドゲート292の一方の入力端子には、ゼロクロス信号ZCが入力される。アンドゲート291, 292の他方の入力端子には、受信開始信号SRが入力される。アンドゲート293の二つの入力端子には、それぞれアンドゲート291, 292の出力端子が接続されている。したがって、アンドゲート292は、受信開始信号SR及び検知信号bbを入力すると、コンパレート開始信号CSを出力する。アンドゲート293は、コンパレート開始信号CSを入力すると、ゼロクロス信号ZCと同期した立上り・立下り信号UDを出力する。また、アンドゲート292は、コンパレート開始信号CSを一度出力すると、リセット信号RSを入力するまで、コンパレート開始信号CSを出力し続ける出力保持機能を有している。

【0020】時間測定部16は、タイミング信号TSを時系列信号発生回路20へ出力すると同時にクロック信号CKを出力し始めるタイミング制御回路94と、クロック信号CKを積算すると共にアンドゲート293から出力される立上り・立下り信号UDの時間に基づき位相変調点xを検出する位相変調点検出手段30と、マイクロコンピュータ32の機能の一部とから構成されている。位相変調点検出手段30は、クロック信号CKを積

算するカウンタ回路34と、立上り・立下り信号UDが入力された時のクロック信号CKの積算値を出力するラッチ回路36と、ラッチ回路36から出力されたクロック信号CKの積算値をマイクロコンピュータ32へ出力するFIFOメモリ回路38とから構成されている。

【0021】距離算出部18は、周囲の温度を温度センサ40によって測定する温度測定回路42と、マイクロコンピュータ32の機能の一部とから構成されている。また、レベルコンパレータ24の一入力端子には、マイクロコンピュータ32から出力されるコンパレートレベルCLを入力するための、D/Aコンバータ44が接続されている。

【0022】可変利得調整部191及び受信禁止時間設定部192は、マイクロコンピュータ32の機能の一部となっている。

【0023】図3は超音波距離測定装置10の動作を示す波形図である。以下、図1乃至図3に基づき超音波距離測定装置10の動作を説明する。

【0024】タイミング制御回路94からタイミング信号TSが出力されると、位相変調点xを含んだ送信信号a(図3(1))が時系列信号発生回路20から発生して送信信号增幅回路22で増幅される。送信信号aは、バースト波形を5~20個繰り返した後に続けて、二倍の周期の波形を挿入する。すなわち、位相を反転することにより位相変調点xを形成する。さらに続けて、バースト波形を5~20個繰り返す。これらにより、送信信号aが構成される。

【0025】送信信号aで超音波トランスデューサ86が駆動されると、超音波トランスデューサ86から超音波Uは、空気中を伝播し、被測定物84で反射して、再び超音波トランスデューサ86に戻ってくる。超音波トランスデューサ86に戻ってきた超音波Uは、受信信号b(図3(2))として受信信号增幅回路23で増幅される。受信信号bは、位相変調点xでくびれた、蝶型の波形となっている。そして、受信信号bは、レベルコンパレータ24でコンパレートレベルCLと比較されると共に、ゼロクロスコンパレータ28で「0」レベルと比較される。受信信号bがコンパレートレベルCLを越えると、レベルコンパレータ24から検知信号bbが outputされる(図3(3))。コンパレートレベルCLは、ノイズ信号には感応せずに受信信号bを安定して検知できるレベルに設定され、受信信号bのピーク値の80%程度である。検知信号bbが outputされると、アンドゲート291からコンパレート開始信号CSが outputされる(図3(4))。このとき、マイクロコンピュータ32からアンドゲート291, 292へ受信開始信号SRが outputされれば、アンドゲート293は、受信信号bが「0」よりも上がる時又は下がる時に、立上り・立下り信号UDを出力する(図3(5))。

【0026】一方、タイミング制御回路94は、タイミング信号TSを時系列信号発生回路20へ出力すると同時に、クロック信号CKをカウンタ回路34へ出力し始める。カウンタ回路34はクロック信号CKを積算し続ける。また、ラッチ回路36に立上り・立下り信号UDが入力されると、その都度、クロック信号CKの積算値がFIFOメモリ回路38に蓄積される。クロック信号CKの積算値に基づく時間t₁, t₂, t₃, ...は、FIFOメモリ回路38からマイクロコンピュータ32へ逐次出力される。

【0027】ここで、図3(5)に示すように、位相変調点x近傍の立上り・立下り信号UDの立ち上がりにおける時間をt₁, t₂, t₃, ...とする。時間t₁, t₂の間隔△t₁₂、時間t₂, t₃の間隔△t₂₃、時間t₃, t₄の間隔△t₃₄, ...を求めてみる。すると、最も大きい間隔△t_xが位相変調点xを入力した時に対応している。したがって、マイクロコンピュータ32は、間隔△t₁₂、間隔△t₂₃、間隔△t₃₄, ...を算出して間隔△t_xを見いだす。そして、間隔△t_xの中間における時間を、送信回路部12から送信信号aが outputされた時から受信回路部14で受信信号bの位相変調点xが入力された時までの時間tとする。時間tは、超音波Uが超音波トランスデューサ86から被測定物84までを往復する時間である。したがって、超音波トランスデューサ86から被測定物84までの距離Dは、音速をvとするとD = (t × v) / 2で与えられる。

【0028】図4は、マイクロコンピュータ32の受信信号bを得る動作を示すフローチャートである。以下、図1乃至図4に基づきマイクロコンピュータ32の動作を説明する。

【0029】まず、増幅度Aを最小値にする(ステップ101)。増幅度A及びコンパレートレベルCLを、それぞれD/Aコンバータ44を介して、受信信号增幅回路23及びレベルコンパレータ24へ出力する(ステップ102)。タイミング信号TSをタイミング制御回路94を介して時系列信号発生回路20へ出力する(ステップ103)。受信禁止時間T1経過後、受信開始信号SRをアンドゲート291, 292へ出力する(ステップ104)。その後、一定時間T2以内に、コンパレートレベルCL以上の受信信号bを受信したか否かを判断する(ステップ105)。これは、アンドゲート291からのコンパレート開始信号CSが inputされたか否かで判断できる。そのような受信信号bを受信していれば、これが連続して五回受信できるか否かを判断する(ステップ106)。五回受信できれば終了する。一方、ステップ105でコンパレートレベルCL以上の受信信号bを受信しなかった場合、又は、ステップ106でコンパレートレベルCL以上の受信信号bを連続して五回受信しなかった場合は、受信信号bの振幅が小さすぎると判

断して、増幅度Aを少し上げ（ステップ107）、ステップ102へ戻る。

【0030】なお、ステップ105において、所定の回数、コンパレートレベルCL以上の受信信号bを受信しなかった場合は、「エラー」として終了する。

【0031】図5は、超音波距離測定装置10により、被測定物84として試験管内の溶液の液面を測定する場合を示す断面図である。以下、図1乃至図5に基づき説明する。

【0032】試験管70には、溶液72が満たされている。超音波トランスデューサ86は、導波管74にパッキング76を介して挿入されている。導波管74は超音波Uに指向性を持たせ、パッキング76は振動を吸収する。ここで、溶液72の液面72aのレベルを測定する場合に、マイクロコンピュータ32に受信禁止時間設定部192としての機能を付加する。この機能は、増幅度Aが高い場合に受信禁止時間T1を長く、増幅度Aが低い場合に受信禁止時間T1を短く設定するものである。増幅度Aが高い場合とは、受信信号bの振幅が小さい、すなわち、液面72aのレベルが試験管70の底面70bに近いために、反射してくる超音波Uが減衰していることを示している。この場合は、試験管70の開口端70aからの反射波であるノイズUnを受信しやすいので、受信禁止時間T1を長くしてノイズを除去する。逆に、増幅度Aが低い場合は、液面72aのレベルが試験管70の開口端70aに近いことを示している。この場合は、受信信号bを受信し損なうおそれがあるので、受信禁止時間T1を短くする。

【0033】従来技術では超音波の波長以下の精度の確保は困難であったが、本実施例では超音波の波長の1/10程度までは安定した測定が可能である。

【0034】また、音速v[m/sec]は、温度T[°C]の関数となっており、 $v = 331.5 + 0.607 T$ で与えられる。温度Tは温度測定回路42で得られるので、本実施例によれば、温度の影響をマイクロコンピュータ32で補正することにより正確な測定が可能である。

【0035】次に、時系列信号発生回路の具体的な構成例を説明する。

【0036】図6は時系列信号発生回路の第一構成例を示すブロック図であり、図7は本構成例の動作を示す波形図である。以下、これらの図面に基づき説明する。

【0037】時系列信号発生回路201は、前述のマイクロコンピュータ32の一部の機能と、分周器50と、E-OR回路52と、AND回路54とから構成されている。マイクロコンピュータ32はクロック信号S1を出力し、分周器50はクロック信号S1の周波数を整数分の一に低減した分周信号S2を出力する。分周信号S2は再びマイクロコンピュータ32に入力される。マイクロコンピュータ32は、内蔵されているタイマ機能を用いて、制御信号S3、S4を出力する。制御信号S3

は、分周信号S2の8番目のパルスP8で立ち上がり、16番目のパルスP16で立ち下がる波形である。制御信号S4は、分周信号S2の1番目のパルスP1で立ち上がり、16番目のパルスP16で立ち下がる波形である。E-OR回路52は、分周信号S2と制御信号S3とを入力するので、8番目のパルスP8までは分周信号S2に同期した信号を出力し、8番目のパルスP8以降は分周信号S2に反転した信号を出力する。これにより、8番目のパルスP8で位相変調点xが生ずる。

【0038】図8は時系列信号発生回路の第二構成例を示すブロック図である。以下、この図面に基づき説明する。

【0039】時系列信号発生回路202は、前述のマイクロコンピュータ32の一部の機能と、シフトレジスタ62とから構成されている。シフトレジスタ62には、マイクロコンピュータ32の16ビットのデータバス62が接続されている。マイクロコンピュータ32は、クロック信号S10の立ち上がりに同期して、データバス62を介して「1010101001010101」というパターンをシフトレジスタ62書き込み、シフトレジスタ62からこのパターンを順次出力させる。これにより、位相変調点x「…00…」を含んだ送信信号aが発生する

【0040】

【発明の効果】送信信号に位相変調点を形成すると共に受信信号の位相変調点に基づき距離を算出することにより、受信信号の振幅の大小の影響を排除できるので、受信信号の振幅のしきい値に基づき距離を算出する従来技術に比べて、測定精度を向上できる。また、可変利得調整部を設けたことにより、測定可能な受信信号の振幅の範囲を大幅に広げることができる。

【0041】さらに、受信禁止時間設定部を設けることにより、ノイズを的確に除去できるので、測定精度をより向上できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る超音波距離測定装置の基本的構成を示すブロック図である。

【図2】本発明に係る超音波距離測定装置の一実施例を示すブロック図である。

【図3】図2の超音波距離測定装置の動作を示す波形図であり、図3(1)乃至図3(6)は各構成要素における信号波形である。

【図4】図2のマイクロコンピュータにおける受信信号を得る動作を示すフローチャートである。

【図5】図2の超音波距離測定装置を用いて、被測定物として試験管内の溶液の液面を測定する場合を示す断面図である。

【図6】図2の超音波距離測定装置における時系列信号発生回路の第一構成例を示すブロック図である。

【図7】図6の時系列信号発生回路の動作を示す波形図である。

【図8】図2の超音波距離測定装置における時系列信号発生回路の第二構成例を示すブロック図である。

【図9】従来の超音波距離測定装置を示すブロック図である。

【図10】図9の超音波距離測定装置の動作を示す波形図であり、図10(1)乃至図10(4)は各構成要素における信号波形である。

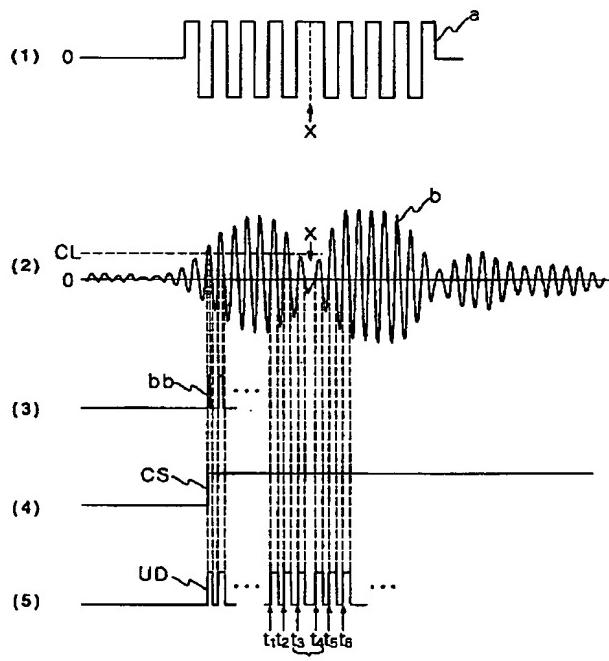
【図11】図9の超音波距離測定装置の測定誤差を説明するための波形図である。

【符号の説明】

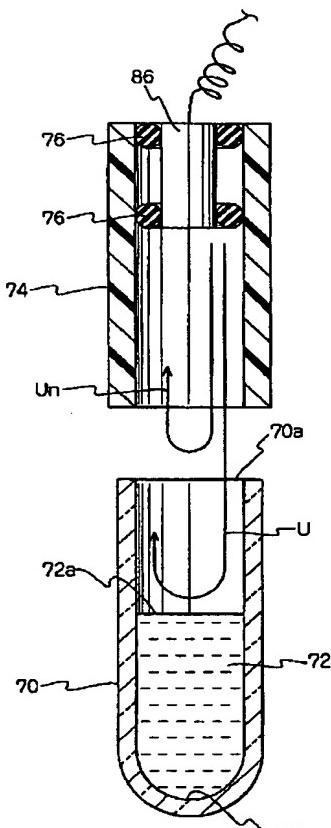
- 10 超音波距離測定装置
- 12 送信回路部
- 14 受信回路部
- 16 時間測定部

- 18 距離算出部
- 28 ゼロクロスコンパレータ
- 30 位相変調点検出手段
- 84 被測定物
- 86 超音波トランステューサ
- 191 可変利得調整部
- 192 受信禁止時間設定部
- a 送信信号
- b 受信信号
- x 位相変調点
- U 超音波
- A 増幅度
- T1 受信禁止時間

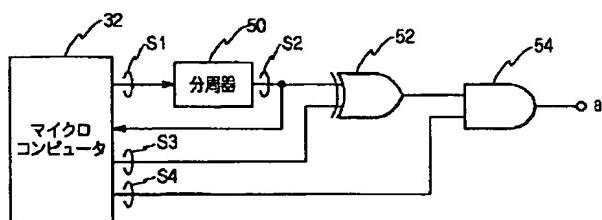
【図3】



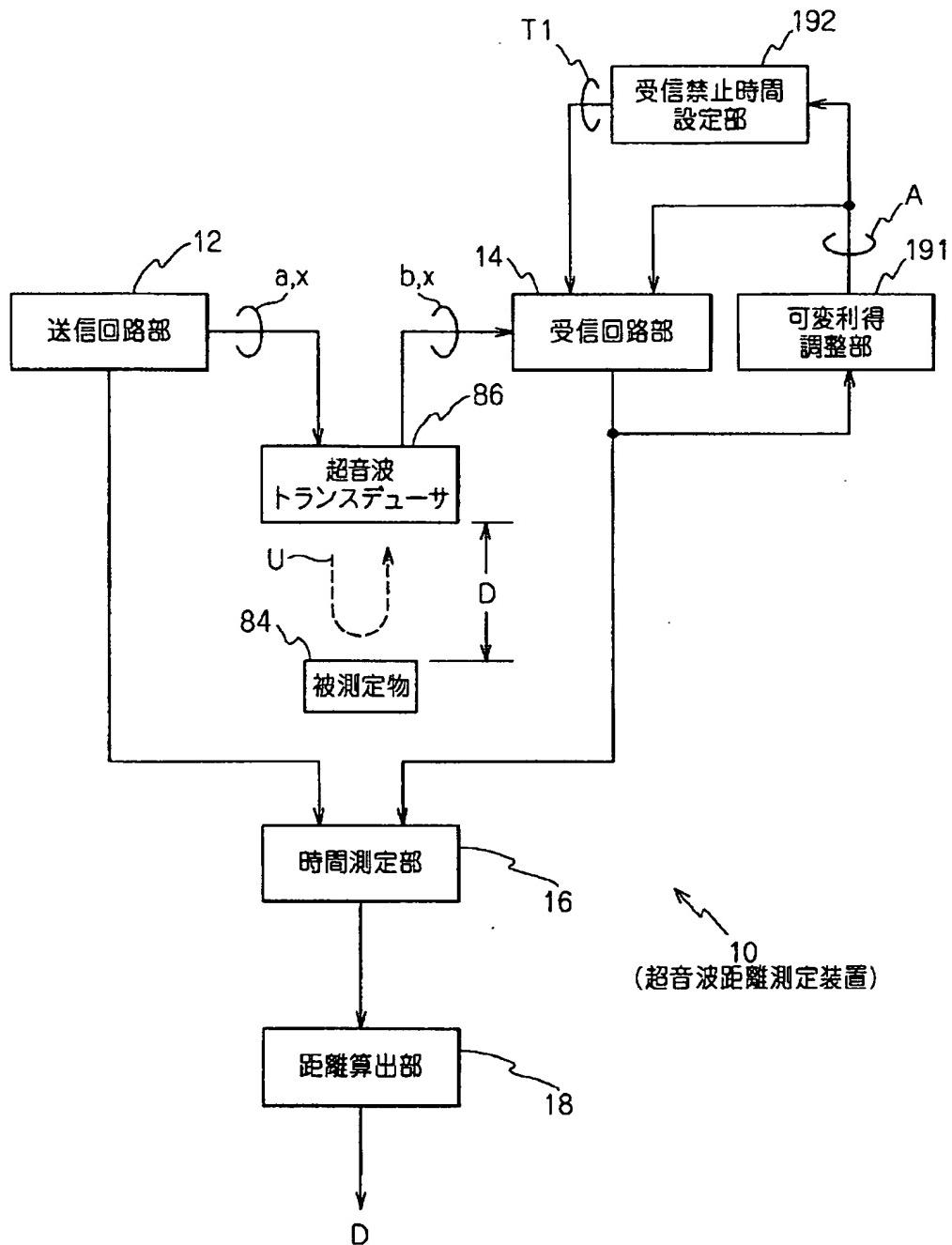
【図5】



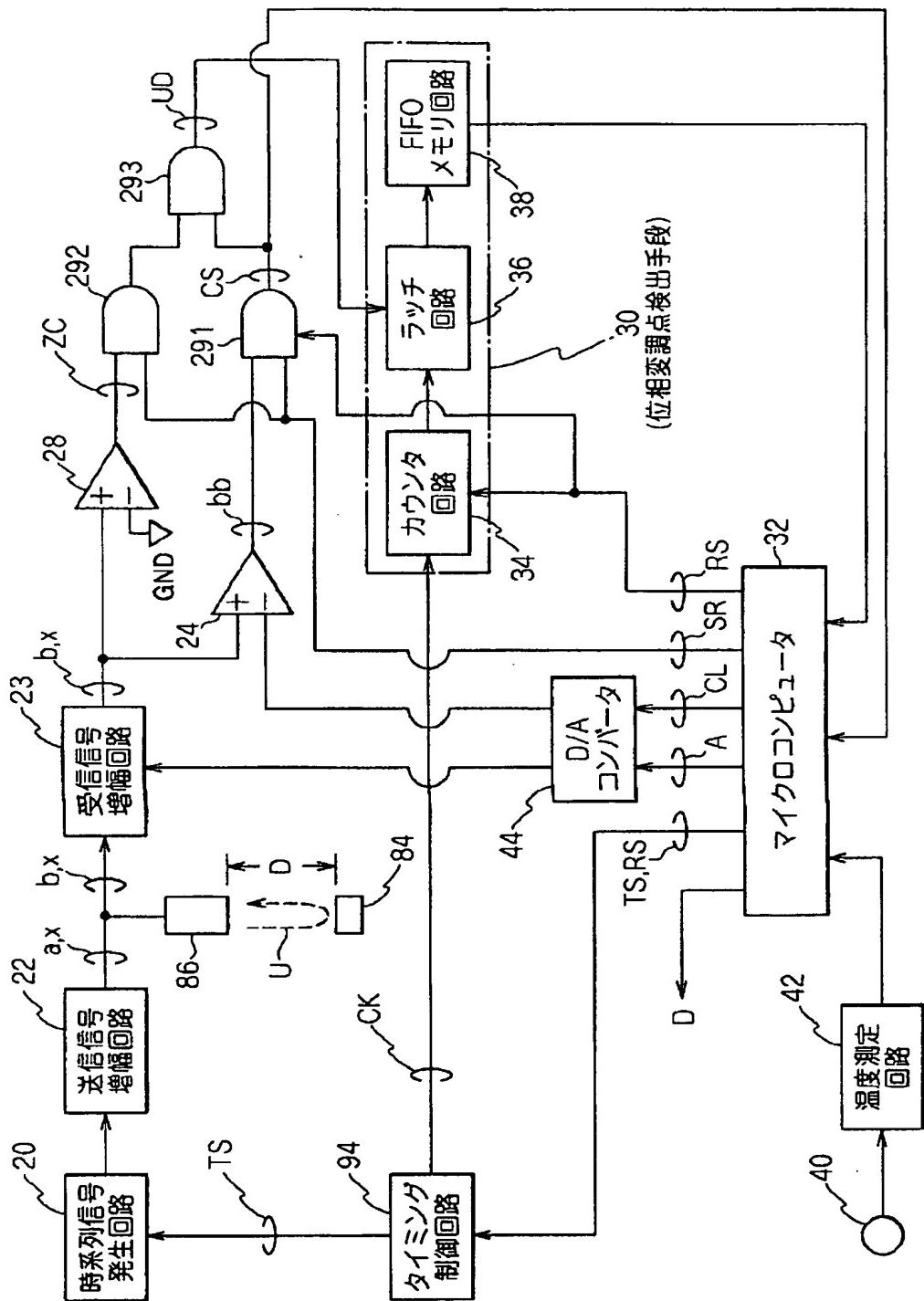
【図6】



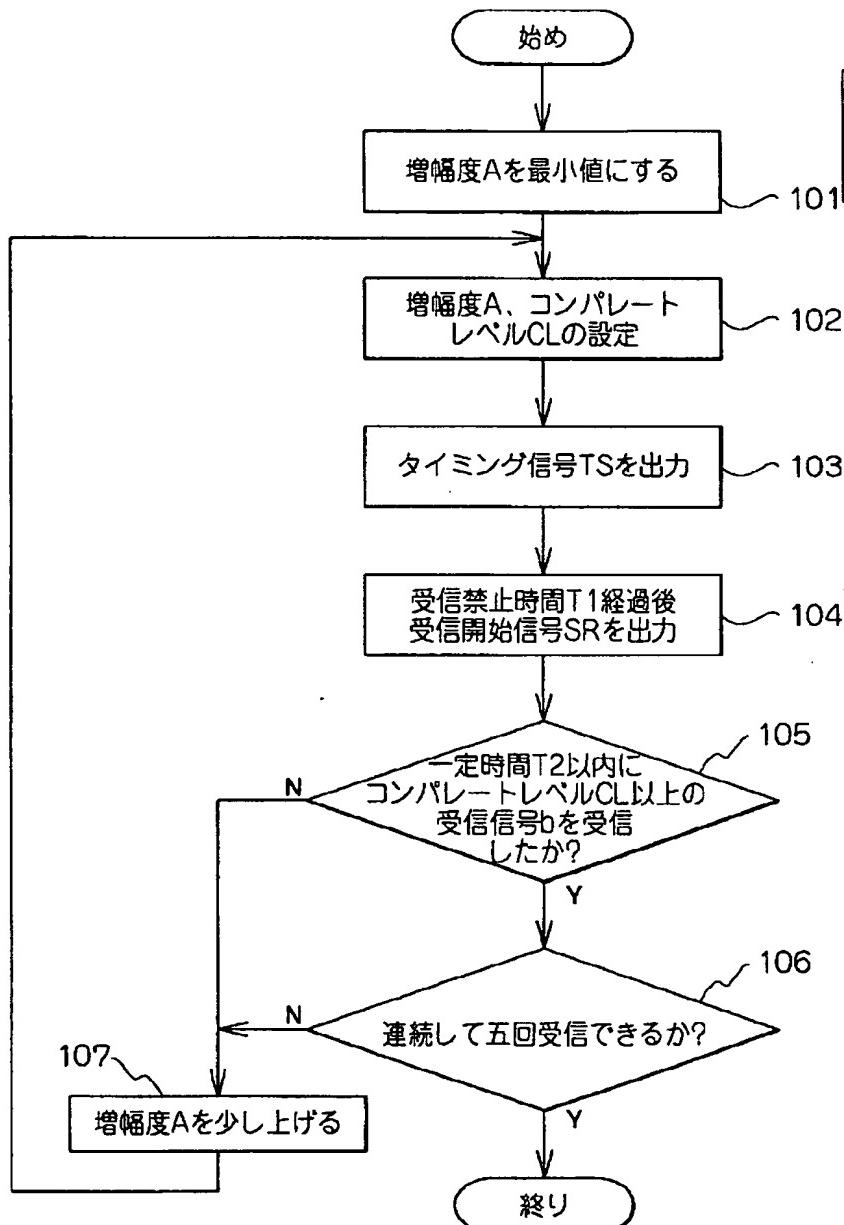
【図1】



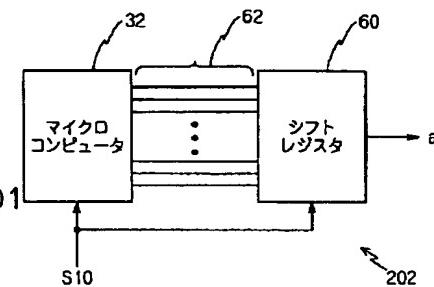
【図2】



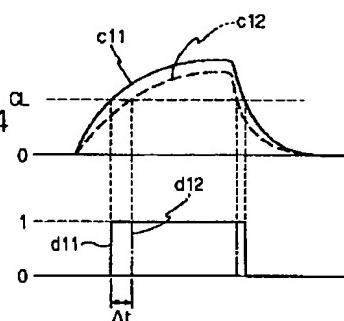
【図4】



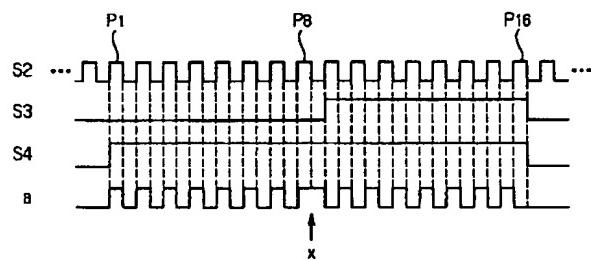
【図8】



【図11】

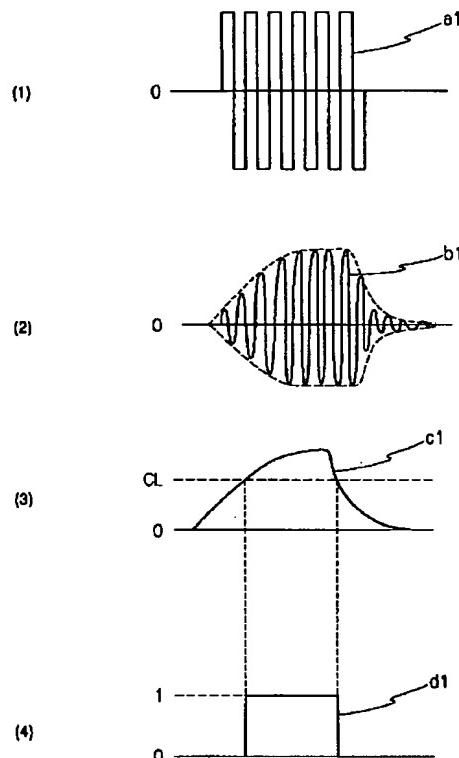


【図 7】



(1)

【図 10】



[図9]

